

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08327725 A**

(43) Date of publication of application: 13 . 12 . 96

(51) Int. Cl.

**G01S 7/52**  
**G06F 17/50**
(21) Application number: **07130044**

(22) Date of filing: 29 . 05 . 95

(71) Applicant: **HITACHI LTD**
 (72) Inventor:  
**SHIOHATA HIRONORI**  
**OHATA HISAHARU**  
**FUJITA HAJIME**  
**NANRI MITSUHIKO**
(54) **UNDERWATER-SONAR DESIGNING SYSTEM**

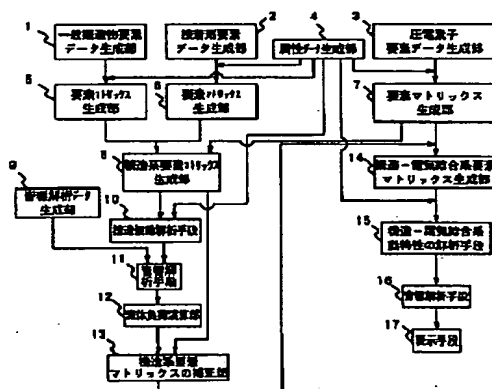
16, and the result is displayed on a display means 17.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

**PURPOSE:** To achieve the shortening of designing period and the high performance of the underwater sonar as an object by arbitrarily changing the design parameters such as the materials and shapes of piezoelectric elements and other structures, and readily analyzing the electric vibration characteristics and the sound pressure characteristics.

**CONSTITUTION:** Element-matrix forming parts 5, 6 and 7 based on a finite element method are provided so as to facilitate the analysis of an electricity-structure compound. Analysis data required for a vibration analysis means 10 are formed in an element-matrix forming part 8 of the structure system. The vibration response obtained in the vibration analysis means 10 is used as the external force. The radiated vibration sound is analyzed in a sound analysis means 11, and fluid load is adequately evaluated in a fluid-load operating part 12. The adequate element is obtained in a correcting part 13. The element matrix obtained in this way and the element method of the electric system are used, and the dynamic behavior of the structure-electric system is obtained in analysis means 15. Furthermore, the radiated vibration sound is obtained in a sound analysis means





(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 3 2 7 7 2 5

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 12 月 13 日

(51) Int. Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 7/52		8907 - 2 F	G 0 1 S 7/52	U
G 0 6 F 17/50			G 0 6 F 15/60	6 8 0 D

審査請求 未請求 請求項の数 2

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 130044

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 5 月 29 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 塩幡 宏規

茨城県土浦市神立町 502 番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 大島 寿春

茨城県土浦市神立町 502 番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 藤田 肇

茨城県土浦市神立町 502 番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

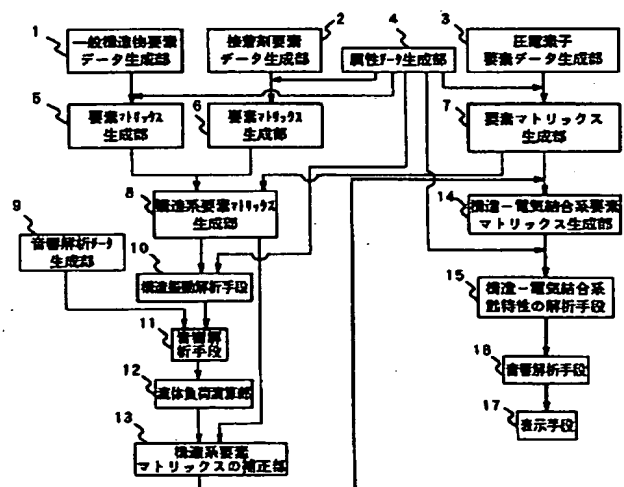
(54) 【発明の名称】 水中ゾーナ設計システム

(57) 【要約】

【構成】 電気-構造連成解析を容易とするために有限要素法に基づく要素マトリックス生成部 5, 6, 7 を設け、構造系の要素マトリックス生成部 8 で振動解析手段 10 に必要な解析データを生成し、振動解析手段 10 で得られた振動応答を外力として、振動放射音を音響解析手段 11 とから流体負荷演算部 12 で流体負荷を適切に評価し、13 で構造系の適切な要素マトリックスを得る。得られた要素マトリックスと電気系の有限要素法に基づいて得られた要素マトリックスを用いて構造-電気系動的挙動を解析手段 15 で求め、さらに音響解析手段 16 で振動放射音を求め、その結果を表示手段 17 に表示する。

【効果】 圧電素子や他の構造物の材質や形状等の設計パラメータを任意に変え電氣的振動特性及び音圧特性を容易に解析でき、目標とする水中ゾーナの設計の期間短縮や高性能化を図る。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一般構造物と圧電素子とを接着剤で結合し圧電素子に電圧を加えて構造物及び圧電素子を励振させて振動放射音を発生させる水中ソナーを設計するシステムにおいて、一般構造物と接着剤のを有限要素法に基づいて離散化された要素マトリックスを生成する部分と、圧電素子の電気一構造を有限要素法に基づいて離散化し、前記一般構造物と接着剤の離散化された要素マトリックスと圧電素子の離散化された要素マトリックスのうち構造に関する要素マトリックスとを重ね合わせる構造系要素マトリックス生成部と、前記構造系の要素マトリックスを用いて固有振動数及び振動応答等の振動特性を求める構造振動解析手段と、振動解析手段から得た周波数応答解析結果を外力として、構造物の振動によって発生する振動放射音の音圧を求める音響解析手段と、前記振動解析手段と音響解析手段とから流体の負荷特性を求める流体負荷演算手段と、前記流体負荷演算手段で得られた流体負荷と前記構造物で得られた有限要素モデルとを合成して保存する構造系の保存された構造系の要素マトリックスと圧電素子の離散化された電気系のマトリックスとを重ね合わせる構造一電気結合系要素マトリックス生成部と、該要素マトリックスと境界条件等を入力してある属性データ生成部とから構造一電気結合系動特性を解析する手段と、この解析手段から得られた振動応答を外力として振動放射音圧を計算する音響解析手段と、構造一電気結合系動特性解析手段から得られた電気的入力アドミッタンスや音響解析手段から得られた送波電圧感度等を表示する表示手段とを備え、設計者が表示画面を見ながら圧電素子の機械特性や電気特性を判断してその構造と電気特性を設計できることを特徴とする水中ソナー設計システム。

【請求項2】請求項1において、構造の振動境界面から微小距離離れた位置での放射インピーダンスをもとに流体を付加質量および付加減衰としてモデル化する水中ソナー設計システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は水中ソナーの適切な電氣的及び振動放射音の周波数特性を得るための構造を設計システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】水中音響機器のうち水中ソナーは圧電素子及びこの圧電素子と一般構造物とを接着剤を用いて結合して構成され、この圧電素子に交流電圧を加えて圧電素子を含めた構造物を加振させて振動放射音を発生し、この音波の伝播を利用している。

【0003】このとき、圧電素子の電気特性は圧電素子、一般構造物及び接着剤とから構成される構造体の機械特性に変換され、さらに音に変換される。この圧電素子の動特性上の特徴は交流電圧を加えたとき、加振周波

数と一致する圧電素子の固有振動数で共振現象となり振動速度や振動放射音はピークを示す。一方、外部からこの圧電素子にある周波数を持つ音波で加振されたとき、この加振周波数が圧電素子の固有振動数に一致したとき、圧電素子にピーク電圧が発生する。圧電素子に他の構造物を結合することにより共振周波数を変えることができる。

【0004】このような水中ソナーを設計するために、MASONはPhysical Acoustic IPART A (ACADEMIC PRESS PP234~247(1964))で圧電素子の電気特性と機械特性を等価な電気回路に置き換えてその動特性を求める方法を提案している。また、圧電素子の電気特性と機械特性を有限要素法を用いて離散化してその動特性を解析する手法が日本音響学会誌37巻7号(1981)に報告されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術では、圧電素子の電気、機械特性、圧電素子に結合している一般構造物の機械特性及び圧電素子と一般構造物とを結合している接着剤の特性、さらに圧電素子と一般構造物とからなる構造体の振動放射音を連成させて予測することは、解析精度や設計の効率化という点で不十分であった。さらには水等の媒体をいかにモデル化して解析の中に考慮するかが困難である。

【0006】本発明の目的は、設計者が、高精度の水中ソナーを効率よくしかも簡便に設計するための設計システムを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、圧電素子に対して電気特性及び構造振動特性を求めるために有限要素法に基づいて離散化する要素マトリックス生成部、接着剤及び一般構造物に対してその振動特性を求めるために有限要素法に基づいて離散化する要素マトリックス生成部、圧電素子の電気特性及び構造振動特性を求めるために必要な要素マトリックス生成部、これら離散化された構造系の要素についての運動方程式を重ね合わせる構造系要素マトリックス生成部、これら構造系要素マトリックス生成部のデータを用いて構造系の振動特性を求める構造振動解析手段、これより得られる振動速度を基に水中の流体負荷を評価する流体負荷解析手段、流体負荷解析手段によって得られた付加質量及び付加減衰を構造系要素マトリックス生成部の質量マトリックス、減衰マトリックス、剛性マトリックスに重ね合わせて格納する構造系要素マトリックスの補正部、これら要素マトリックス及び圧電素子の要素マトリックス生成部の電気系要素マトリックスとを用いて構造一電気結合系要素マトリックス生成部でマトリックスの重ね合わせを行い、このマトリックスを用いて構造一電気結合系の動特性解析手段で構造系の振動応答や電気系の入力アドミッタンスを求め、さらに構造系の振動速度を外力と

して、音響解析手段で水中に放射される音圧を境界要素法に基づいて求め、表示手段により電気系の入力アドミタンスや圧電素子への入力電圧に対する振動境界面から1m離れた位置の構造系から放射される振動放射音圧である送波電圧感度を表示する。

【0008】また、水中にある構造体の振動モデルを求めるにあたり、空気中で圧電素子を含めた構造系を有限要素法に基づいて離散化して質量マトリックス、剛性マトリックス及び減衰マトリックスを導き、個々の要素から導かれる運動方程式を重ね合わせて、得られた合成方程式から構造系の固有振動数を求め、ついで構造系に任意の加振力を加えて、構造系から発生する振動放射音を近接する水中位置で求め、この音圧から放射インピーダンスを求め、流体の付加質量及び付加減衰を求めて、前記離散化されたマトリックスに加え、再び固有振動数の計算を行う。このような計算を繰り返し、固有振動数が一定値に到達する付加質量及び付加減衰を求め、流体の振動モデルを求める。

【0009】さらに計算結果を基に圧電素子の評価を可能とするよう表示することとし、効率のよい設計が可能となる。

【0010】

【作用】本発明によれば、圧電素子の電気特性及び圧電素子を含む構造体の振動特性を有限要素法に基づいて連成挙動として解析し、圧電素子に電圧を加えたときの電気インピーダンスの周波数特性を求め表示する。この電気インピーダンスの周波数特性表示で、圧電素子や一般構造物の材質や形状を設計パラメータとして求めた電気インピーダンス特性を表示することを特徴とする。これにより、圧電素子と一般構造物を結合した水中ゾーナの目標とする電気インピーダンスを満たす圧電素子及び一般構造物の形状や材料を効果的に設計可能となる。

【0011】また、本発明によれば圧電素子と一般構造物を結合した水中ゾーナにおいて、水の負荷を構造体への付加質量及び付加減衰として評価して構造体の質量及びモード減衰比に加えて、圧電素子の電気特性及び圧電素子を含む構造系の振動特性を有限要素法に基づいての連成挙動を解析することを特徴とする。これにより、水中ゾーナの動的挙動を精度よく評価できる。

$$\begin{aligned} \{T\} &= [c^E] \{S\} - [e] \{E\} \\ \{D\} &= [e]^T \{S\} - [\epsilon^S] \{E\} \end{aligned}$$

$\{T\}$  : 応力ベクトル  
 $\{E\}$  : 電界ベクトル  
 $[e]$  : 圧電ひずみテンソル  
 $[c^E]$  : 電界がないときの剛性マトリックス  
 $[\epsilon^S]$  : ひずみのないときの誘電率テンソル  
 $\{S\}$  : ひずみベクトル  
 $\{D\}$  : 電束密度ベクトル

【0016】数1を有限要素法に基づいて離散化すると、次式が与えられる。

\* 【0012】更に本発明によれば、振動放射音解析手段によって、圧電素子に単位電圧を加えたときの圧電素子の電気特性及び圧電素子を含む構造体の振動特性を有限要素法に基づいて連成挙動として周波数振動応答解析を行い、この結果を用いて構造系の振動境界面から1mの位置における構造系から発生する振動放射音圧で表される送波電圧感度を計算し、表示することを特徴とする。この送波電圧感度の周波数特性表示で、圧電素子や一般構造物の材質や形状を設計パラメータとして求めた送波電圧感度特性を表示することを特徴とする。これにより、圧電素子と一般構造物を結合した水中ゾーナの目標とする送波電圧感度を満たす圧電素子及び一般構造物の形状や材料を効果的に設計可能となる。

【0013】

【実施例】以下、本発明を実施例により詳細に説明する。本実施例の特徴とする点は流体負荷演算部13、構造物要素マトリックスの補正部14、構造-電気結合系要素マトリックス生成部15、構造-電気結合系動特性の解析手段16、表示手段18を設けたことである。図1は本発明のシステムの一実施例を示すブロック図で、図2に圧電素子が一般構造物に接着剤を介して結合している状態を示す。図2中、101が圧電素子、102が接着剤、103が一般構造物を示す。図1に示す本発明のシステムの一実施例を基に以下詳述する。要素データ生成部1、2はそれぞれ一般構造物及び一般構造物と圧電素子結合するときの接着剤を有限要素に分割し、属性データ生成部4で生成された属性データを用いて、5、6の要素マトリックス生成部で構造振動解析に必要な剛性マトリックス及び質量マトリックスを生成する。また、圧電素子要素生成部3で圧電素子を有限要素に分割し、属性データ生成部4で生成された圧電素子の属性値を用いて、有限要素法に基づいて、要素マトリックス生成部7によって圧電素子の電気系及び機械系の有限要素モデルが生成される。この有限要素モデルは以下で与えられる。

【0014】圧電素子の属性データ生成部を基に要素マトリックス生成部7で圧電現象の数1が与えられる。

【0015】

【数1】

… (数1)

【0017】  
【数2】

$$\begin{bmatrix} [K_p] - \omega^2 [M_p] & [\Theta_p] \\ [\Theta_p]^T & -[G_p] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{d_p\} \\ \{\phi_p\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F_p\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix}$$

… (数2)

【0018】ここで、

[K<sub>p</sub>] : 剛性マトリックス[M<sub>p</sub>] : 質量マトリックス[Θ<sub>p</sub>] : 電気・機械結合マトリックス[G<sub>p</sub>] : 静電マトリックス{d<sub>p</sub>} : 振動変位

{Q} : 電極電位

ω : 角振動数

p : 圧電素子

要素マトリックス生成部7では数2 [K<sub>p</sub>] , [M<sub>p</sub>] , [Θ<sub>p</sub>] , [G<sub>p</sub>] が保存される。

【0019】次に構造系要素マトリックス生成部8によって要素マトリックス生成部5, 6, 7で生成された一般構造物, 接着剤, 圧電素子の質量マトリックス [M<sub>a</sub>] , [M<sub>s</sub>] , [M<sub>p</sub>] , 剛性マトリックス [K<sub>a</sub>] , [K<sub>s</sub>] , [K<sub>p</sub>] が、図3の301, 302, 303に示すように各要素の節点共通の部分を重ね合わせて300に示すように構造系要素マトリックス [M] , [K] を得る。

【0020】この構造系要素マトリックス及び属性データ生成部4から得られる減衰係数や境界条件等を用いて構造振動解析手段10により構造物の固有振動数及び周波数応答を求める。一方、構造振動からの振動放射音を解析するために必要な受音点データ等は、音響解析デー

$$\begin{aligned} Z_{Ri} &= R_{Ri} + j X_{Ri} = F_i / u_i \\ &= p_i s_i / u_i \end{aligned}$$

… (数3)

【0023】ここでR<sub>Ri</sub>, X<sub>Ri</sub>はそれぞれ放射インピーダンスZ<sub>Ri</sub>の実数部及び虚数部であり、jは虚数単位を、p<sub>i</sub>は音圧を表す。いま振動放射音が流体中を伝播して減衰するとき流体負荷を質量と減衰が直列結合する振動モデルとして仮定する。このとき構造物の要素i

$$Z_i = F_i / u_i = (j \omega m_i + c_i)$$

… (数4)

【0025】構造物の機械インピーダンスと放射インピーダンスを等しいとにおいて、要素iの質量及び減衰係数は数5で得られる。

$$\begin{aligned} m_i &= X_{Ri} / \omega \\ c_i &= R_{Ri} \end{aligned}$$

… (数5)

【0027】数5で得られる質量及び減衰係数が構造物に作用する流体の付加質量及び付加減衰係数である。

【0028】数5で求めた付加質量及び付加減衰係数を構造解析の質量マトリックスおよび属性データ生成部4から得られる減衰マトリックスに重ね合わせて再び振動解析を行い固有振動数および周波数応答を求める。求めた固有振動数が解析手段10で求めた固有振動数と異なる場合、さらに周波数応答計算、放射音計算を行いこの結果を基に、数5を用いて再び流体付加質量及び付加減衰係数を算出し、構造振動解析を行い、固有振動数を求

\*タ生成部9で生成され、構造振動解析手段10で求められた周波数応答を外力として、音響解析手段11で音圧の周波数応答が境界要素法に基づいて求められる。さらに、構造物が流体中にあるとき流体負荷演算部12で流体を付加質量、付加減衰として評価する必要がある。以下ではこの付加質量、付加減衰を求める方法を説明する。図4に解析のフローを示す。

【0021】離散化された構造系の任意要素iの振動速度をu<sub>i</sub>、構造物の振動境界面から微小距離離れた位置に構造物と同じ形状及び面積s<sub>i</sub>を持つ受音面を設定し、この位置の音圧P<sub>i</sub>を境界要素法を用いて求める。このとき構造物の放射インピーダンスZ<sub>Ri</sub>は次式で定義される

【0022】

【数3】

※ (i = 1, …, N) に作用する力F<sub>i</sub>と振動速度u<sub>i</sub>から定義される機械インピーダンスZ<sub>i</sub>は

【0024】

【数4】

★【0026】

【数5】

め前回計算した固有振動数の値と比較する。このような過程を繰り返し、固有振動数が一定となる時の流体の付加質量及び付加減衰係数を評価する。

【0029】次に、流体負荷演算部12で求めた流体の付加質量及び付加減衰係数を、構造物要素マトリックスの補正部13により、8の構造物要素マトリックス生成部で生成された要素マトリックスの同じ節点位置のところで重ね合わせを行う。

【0030】以上により、振動解析に必要な圧電素子を含む構造系のデータは求められた。

7

【0031】構造系要素マトリックス補正部13から得られる質量、減衰、剛性マトリックスと要素マトリックス生成部7から得られる圧電素子の静電マトリックス及び電気・機械結合マトリックスを用いて構造-電気結合系要素マトリックス生成部14で全体系のマトリックス\*

$$[A(\omega)][d] = [F]$$

【0033】

※ ※ 【数7】

$$[A(\omega) = \begin{bmatrix} [K_s] - \omega^2[M_s] & [K_p] - \omega^2[M_p] \\ [K_p] - \omega^2[M_p] & [C_p] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{d_s\} \\ \{d_p\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{F_s\} \\ \{F_p\} \end{bmatrix}$$

... (数7)

【0034】ただし、添字sは一般構造物、aは接着剤、pは圧電素子を示す。また(s)は一般構造物、(s)-(a)-(p)は一般構造物、接着剤、圧電素子を重ね合わせたときの振動変位、(p)<sub>0</sub>は圧電素子の電位を示す。数7は接着剤の面積が圧電素子の面積と同じでかつ同じ位置にある場合である。

★【0035】構造-電気結合系要素マトリックス生成部14で生成された要素マトリックスを用いて構造-電気結合系動特性の解析手段15により次の方程式を解く。

【0036】

【数8】

$$\begin{bmatrix} [A_{11}(\omega)] & [A_{12}] \\ [A_{12}]^T & [A_{22}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{d_s\} \\ \{\phi_p\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F_s\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix}$$

... (数8)

【0037】ただし、{d<sub>s</sub>}は構造系の振動変位、{φ<sub>p</sub>}は電気系の電位を表す。また{F<sub>s</sub>}は構造系に働く一般的な外力であり、{Q}は電極に加えられた電荷である。数8で一般的な外力である{F<sub>s</sub>}は与えられる。また電気系の電位{φ<sub>p</sub>}も与えられるとき、構造系の振動応答を数8で解析できる。数8で単位電位☆

$$I_{pi} = j\omega Q_{pi}$$

【0039】電極を構成する全要素の和をとると入力アドミッタンスY<sub>in</sub>は次式で与えられる。

$$Y_{in} = \sum I_{pi} = j\omega \sum Q_{pi}$$

【0041】数10で求められる入力アドミッタンスY<sub>in</sub>は複素数であり、実数部と虚数部に分けて次のように表せる。

$$Y_{in} = G(\omega) + jB(\omega)$$

【0043】入力アドミッタンスY<sub>in</sub>は圧電素子の材質や一般構造物の材質や形状を設計パラメータとして、角振動数ωの関数として得られる。このときの設計パラメータとしてkを用いると、k=k<sub>1</sub>のときの送波電圧感度を求めて、表示手段17を用いて複素平面上に表して図5を得る。また、表示手段17を用いて入力アドミッタンスY<sub>in</sub>の絶対値、及び入力アドミッタンスY<sub>in</sub>の実数部B(ω)の絶対値を周波数の関数とし、さらに圧電素子や一般構造物の材質や形状を設計パラメータとした表示として図6、図7を得る。この図5、図6、図7を

8

\* [A(ω)]が求められる。このときの方程式を数6に示し、要素マトリックス、状態ベクトルを数7で示す。

【0032】

【数6】

... (数6)

20

30

☆を与え一般的な外力が与えられたとしたとき、圧電素子に働く電荷{Q}が求められる。この節点iの電荷をQ<sub>i</sub>とすると電荷Q<sub>i</sub>と電流I<sub>i</sub>は次式となる。

【0038】

【数9】

... (数9)

◆【0040】

【数10】

... (数10)

\*【0042】

【数11】

... (数11)

用いて水中ゾーナの電気特性を考慮した設計が可能となる。

【0044】次に、数8で任意電圧を与えたときの構造系の振動応答が求められる。この振動応答を外力として音響解析手段17を用いて振動境界面から任意距離離れた位置の音圧分布を計算できる。この時、圧電素子の設計において、伝播する音圧特性を効果的に評価するために、1m離れた位置での圧電素子の入力電圧に対する音圧特性があり、これを送波電圧感度と呼んでいる。この送波電圧感度は周波数の関数として計算される。この電

50



圧感度の大小によって、目標とする水中ゾーナの設計指針が決められる。そこで、この送波電圧感度は振動境界面から1m離れた任意の受音点 $i$  ( $i+1, \dots$ )で、一般構造物や圧電素子の材質や形状を設計パラメータとして与えられる。この時の送波電圧感度を図8、図9に示す。図8は送波電圧感度の周波数応答を受音点 $i$ 、設計パラメータを $k$ としたときの値を示す。また図9は受音点番号と送波電圧感度と周波数を三次元的に示したものである。

【0045】以上のように、入力アドミタンス $Y_{in}$ や送波電圧感度を求めて、表示手段で上記のように表示することにより、電気系及び構造系の設計パラメータに対する特性を容易に評価できるため圧電素子を含めた水中ゾーナを効率よく設計できる。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、水中ゾーナの設計にあたり、設計者は圧電素子の材質や形状、及び一般構造物の材質や形状がその電気的特性や音圧特性にどのように影響を及ぼすかの判断を、表示画面を見ながら容易に行えるため、設計期間の短縮や設計が効率的に行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の設計システムの一実施例を示すブロック図。

【図2】圧電素子が一般構造物に接着剤によって結合している状態を示す説明図。

【図3】構造系の要素マトリックスを重ね合わせて構造系の要素マトリックス生成を示すブロック図。

【図4】流体負荷を付加質量及び付加減衰にモデル化する手順を示すフローチャート。

【図5】圧電素子や一般構造物の材質や形状で表される設計パラメータにおける圧電素子の入力インピーダンスを複素平面上に表した特性図。

【図6】入力インピーダンスの絶対値の周波数特性を任意の設計パラメータに対して示した特性図。

【図7】入力インピーダンスの実数部の絶対値の周波数特性を任意の設計パラメータに対して示した特性図。

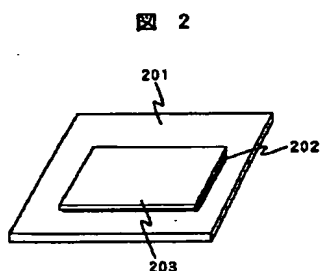
【図8】任意受音点及びある設計パラメータに対して送波電圧感度を示す特性図。

【図9】送波電圧感度を任意受音点及び設計パラメータに対して示した特性図。

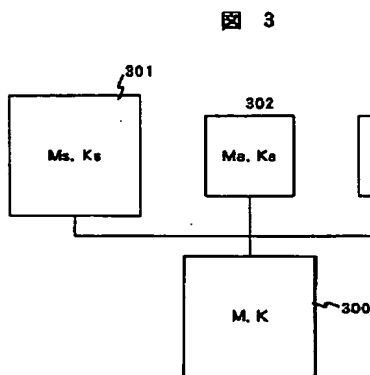
【符号の説明】

8…構造系要素マトリックス生成部、10…構造振動解析手段、11、16…音響解析手段、12…音響負荷演算部、13…構造系要素マトリックスの補正部、14…構造-電気結合系要素マトリックス生成部、15…構造-電気結合系動特性の解析手段、16…表示手段。

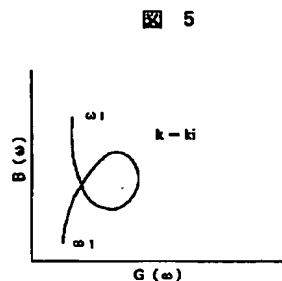
【図2】



【図3】

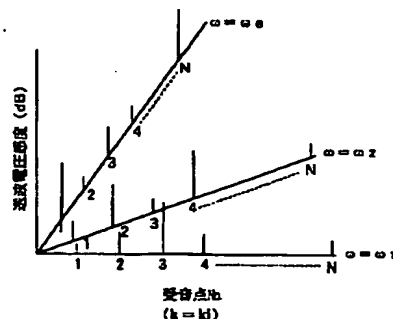


【図5】

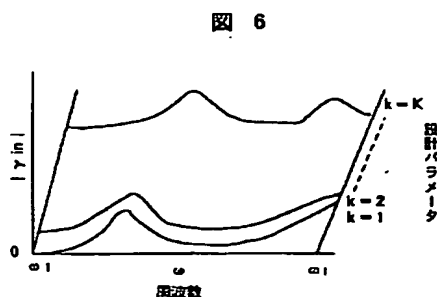


【図9】

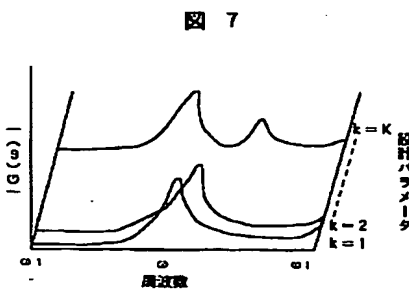
図 9



【図6】

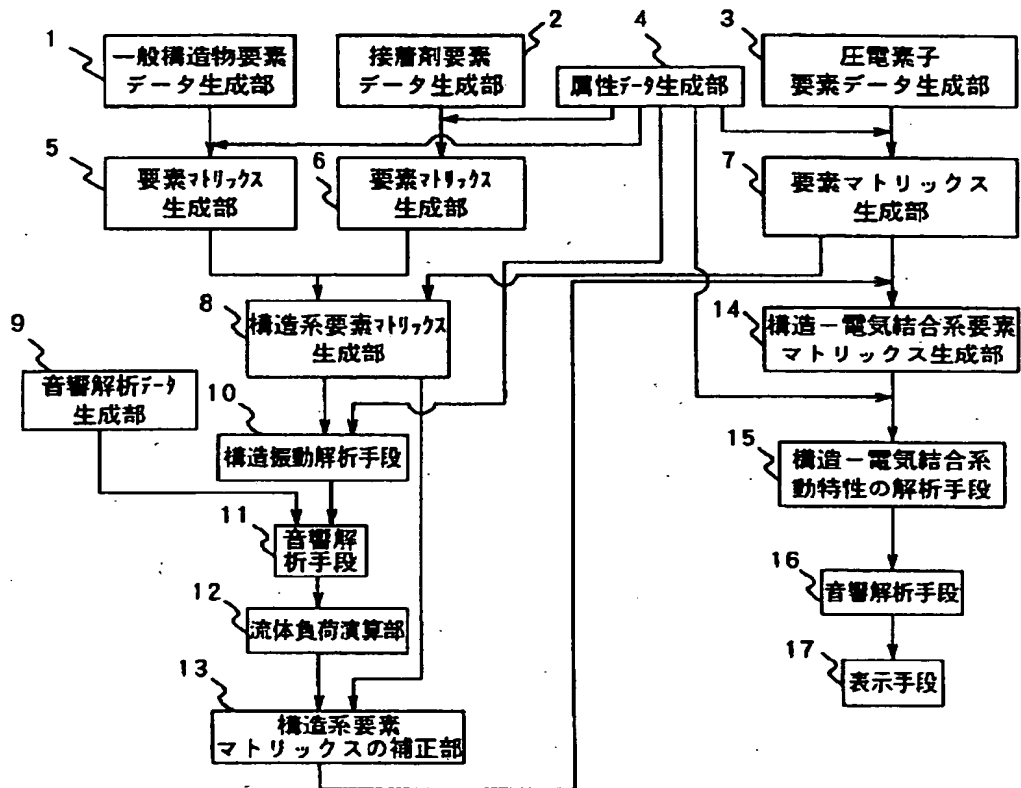


【図7】



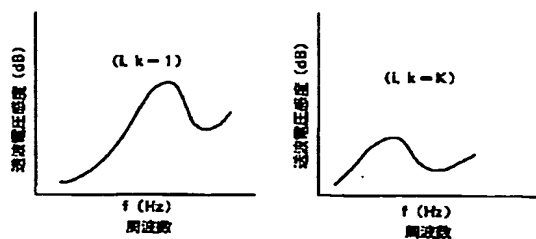
【図 1】

図 1



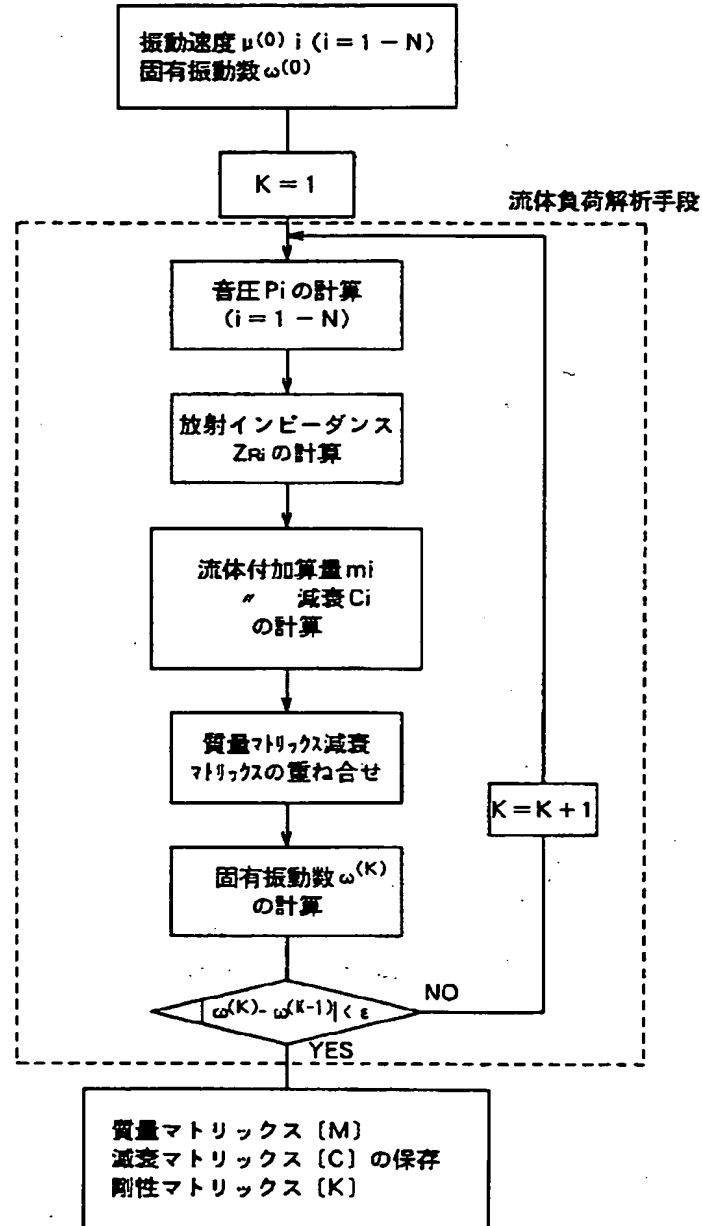
【図 8】

図 8



【図4】

図 4



フロントページの続き

(72)発明者 南利 光彦  
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株  
式会社日立製作所情報通信事業部内